

ТОПОГРАФИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНЫХ ПСЕВДОСПЛАВНЫХ МОЛИБДЕН-МЕДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Романов Д.А., Будовских Е.А.

Руководитель – проф., д.ф.-м.н. Громов В.Е.

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,

г. Новокузнецк

romanov_da@physics.sibsiu.ru

Псевдосплавные молибден-медные композиционные материалы обладают стойкостью к электрической эрозии в десять раз более высокой по сравнению с медью [1] и находят практическое применение в качестве материала покрытий на контактных поверхностях коммутационных аппаратов [2]. Известны способы получения объемных материалов этой системы [3]. Формирование эксплуатационно-надежных покрытий этой системы связано с трудностью смешивания молибдена и меди в поверхностных слоях при сохранении высокой адгезии покрытия с основой. В работе [4] такие покрытия были сформированы электровзрывным способом. Важной технической характеристикой покрытий, влияющей на их эксплуатационные свойства, является шероховатость. Цель настоящей работы заключалась в изучении особенностей шероховатости псевдосплавных электровзрывных молибден-медных покрытий.

Обработку проводили с использованием лабораторной установки ЭВУ 60/10 [5]. Она включает емкостный накопитель энергии и импульсный плазменный ускоритель, состоящий из коаксиально-торцевой системы токоподводящих электродов с размещенным на них проводником, разрядной камеры, локализирующей продукты взрыва и переходящей в сопло, по которому они истекают в вакуумируемую технологическую камеру с остаточным давлением 100 Па. Электровзрыв происходит в результате пропускания через проводник (фольгу) тока большой плотности при разряде конденсаторной батареи.

В качестве материала взрываемого проводника использовали фольги молибдена и меди массами 204 и 262 мг соответственно, атомное соотношение молибдена и меди в струе составляло 1:2. Обработке подвергали медные контактные поверхности с размерами 20×30 мм. Контактную поверхность ориентировали перпендикулярно к оси плазменной струи. Покрытия получали при её двукратной обработке. Первый раз струю формировали из продуктов электрического взрыва молибденовой фольги. При этом время воздействия составляло 100 мкс, поглощаемая плотность мощности – 6,0 ГВт/м², а давление струи на поверхность – 14,2 МПа. Это обеспечивало оплавление поверхности медной основы и легирование молибденом оплавленного слоя глубиной около 15 мкм с последующей самозакалкой. При таком способе

модификации поверхности содержание молибдена уменьшается с увеличением глубины от поверхности. Второй раз обработку поверхности осуществляли электровзрывом медной фольги при поглощаемой плотности мощности, равной $7,6 \text{ ГВт/м}^2$, когда давление на поверхность составляло $17,5 \text{ МПа}$. В результате происходило оплавление, насыщение медью и перемешивание предварительно легированных молибденом поверхностных слоев контактной поверхности. Формирование псевдосплава реализуется при взрыве медной фольги, когда поглощаемая плотность мощности составляет $7,6 \dots 10,0 \text{ ГВт/м}^2$. При этом давление на поверхность изменяется в пределах $17,5 \dots 22,2 \text{ МПа}$.

Исследования топографии поверхности проводили с использованием оптического интерферометра Zygo NewView™ 7300.

Профилометрия поверхности показала, что с увеличением интенсивности воздействия шероховатость увеличивается. Это следует связывать с увеличением глубины оплавления поверхностных слоев, усилением процессов конвективного перемешивания расплава и его течения вдоль поверхности под действием неоднородного давления струи на облучаемую поверхность. В указанном режиме формирования покрытий среднее арифметическое отклонение профиля $Ra = 3,7 \text{ мкм}$ (рис. 1).

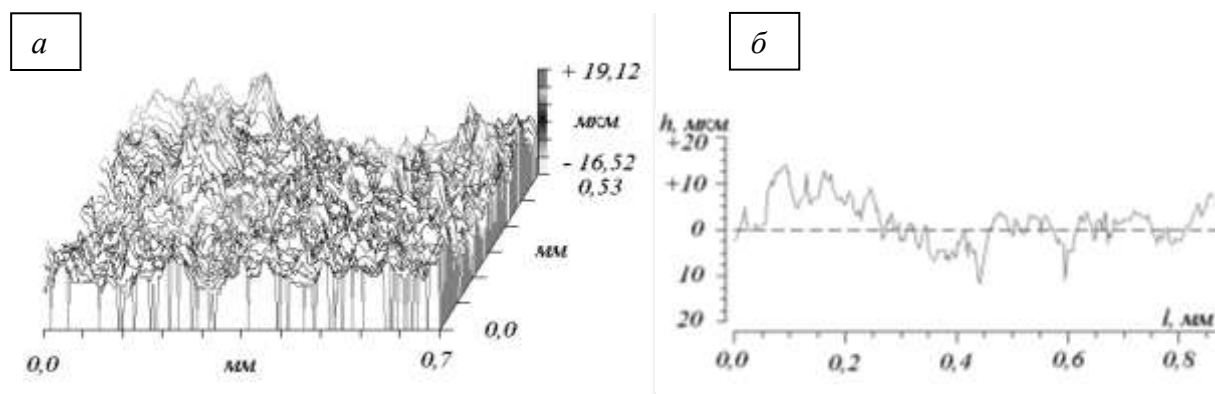


Рисунок 1. Профилометрия поверхности электровзрывного псевдосплавного покрытия системы молибден-медь:

- a* – распределение неровностей рельефа по высоте;
- б* – распределение неровностей по высоте вдоль секущей

На профилограмме наблюдаются отдельные участки с выступами профиля до 12 мкм и впадины профиля до 7 мкм . В основном, профилограмма образована выступами профиля $5 \dots 7 \text{ мкм}$, и впадинами профиля $3 \dots 5 \text{ мкм}$, местными выступами $1 \dots 3 \text{ мкм}$ и местными впадинами профиля $2 \dots 3 \text{ мкм}$. Наибольшая высота неровностей профиля составляет

35 мкм. Особенности электровзрывного формирования обуславливают рельеф поверхностного псевдосплавного слоя. Для применения сформированных псевдосплавных покрытий в электротехнике в качестве контактного материала для высоковольтных выключателей. После приработки (например, при трении) обеспечивается быстрое удаление высоких выступов и достигается оптимальная шероховатость. Формируемые покрытия согласно ГОСТу 2789–59 относятся к 6 классу чистоты поверхности.

Таким образом, проведен комплексный анализ топографии поверхности электровзрывных псевдосплавных покрытий молибден-медь. Покрытия имеют среднее арифметическое отклонение профиля $Ra = 3,7$ мкм. Это дает основания утверждать, что формируемые покрытия приемлемы для промышленного использования.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (гос. контракт № П332).

Используемые литературные источники:

1. А. Г. Анисимов, В. И. Мали // Физика горения и взрыва. 2010. № 2. С. 135–139.
2. Гречанюк Н.И. // Современная электрометаллургия. 2005. № 2. С. 28–35.
3. Пат. RU №2292988 кл. Н 01 R 11/00 кл. В22F3/12 С22C1/04 Российская Федерация. Способ получения молибден-медного композиционного материала / Г.А. Тихий [и др.] // 10.02.2007.
4. Романов Д.А. // Образование, наука, инновации. Вклад молодых ученых. Материалы V (XXXVII) Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых. Кемерово, Изд-во КемГУ, 2010. С. 609–612.
5. Багаутдинов А.Я., Будовских Е.А., Иванов Ю.Ф., Громов В.Е.. Физические основы электровзрывного легирования металлов и сплавов. Новокузнецк, Изд-во СибГИУ, 2007. – 301 с.